

Requested Patent: JP2000083038A

Title:

NETWORK SYSTEM, NETWORK TERMINAL, AND METHOD FOR SPECIFYING  
LOCATION OF FAILURE IN NETWORK SYSTEM ;

Abstracted Patent: US6680903 ;

Publication Date: 2004-01-20 ;

Inventor(s):

HATTORI TOSHIKAZU (JP); MORIGUCHI KENICHI (JP); IKEDA TOSHIHISA (JP);  
MIZUGUCHI YUJI (JP); SAKAI TAKAHISA (JP) ;

Applicant(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (US) ;

Application Number: US19990348253 19990707 ;

Priority Number(s): JP19980195394 19980710; JP19990165720 19990611 ;

IPC Classification: H04J1/16 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-83038  
(P2000-83038A)

(43) 公開日 平成12年3月21日 (2000.3.21)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 4 L 12/40

識別記号

F I  
H 0 4 L 11/00

テーマコード (参考)

3 2 1

審査請求 未請求 請求項の数19 OL (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平11-165720

(22) 出願日 平成11年6月11日 (1999.6.11)

(31) 優先権主張番号 特願平10-195394

(32) 優先日 平成10年7月10日 (1998.7.10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 森口 健一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 池田 俊久

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100081813

弁理士 早瀬 憲一

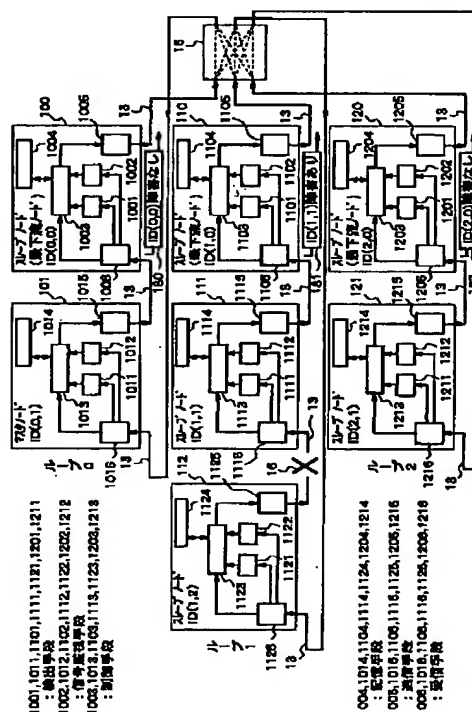
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ネットワークシステム、ネットワーク端末、およびネットワークシステムにおける障害箇所の特定方法

(57) 【要約】

【課題】 ループとバスの混在型トポロジを持つネットワークにおいて障害発生を検出し障害箇所を特定し、代替マスタノードを選出する。

【解決手段】 一定時間以内ごとに受信されるべき特定の信号パターンの未受信により障害発生を検出する。障害発生を検出したノードがノード間で特定信号を送受信して、特定信号の未受信により自ノードに隣接する障害箇所の有無を判断する。判断した障害箇所をノード間で送受信することにより、各ノードがネットワークの障害箇所を特定する。マスタノードの故障であればノードIDに依存した待ち時間の後に最小のIDを持つノードが代替マスタノードとして動作する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のノードが伝送路により接続され、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムであって、前記各ノードは、前記伝送路を伝送される信号の有無を検出する信号監視手段と、前記特定の信号パターンの受信を検出する検出手段とを備え、前記検出手段によりネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記各ノードは、ノード間で特定信号を送受信して前記特定信号の受信の有無を信号監視手段で検出することにより自ノードに隣接する障害箇所の有無を判断し、判断した障害箇所を示すための信号をノード間で送受信することにより、ネットワークシステムの障害箇所を特定する、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項2】 伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、および、単一のノードまたは伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが、一つ以上の入力部と一つ以上の出力部を有し一つの前記入力部より入力する信号が分岐され全ての前記出力部より出力される共通伝達経路に直接接続され、前記複数のループのいずれかに含まれた1つのノードがマスタノードとなり、前記マスタノードとなるノード以外のノードがスレーブノードとなり、さらに前記各ループにおいて最下流のノードが前記各ループの最下流ノードとなり、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムであって、前記各ノードは、前記伝送路を伝送される信号の有無を検出し監視信号を出力する信号監視手段と、前記特定の信号パターンの受信を検出し該特定の信号パターンを所定時間以上受信しなかったときに未検出信号を出力する検出手段とを備え、前記検出手段より出力する前記未検出信号によりネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記ノードは、通知信号により障害の発生を隣接するノードに通知し、前記通知信号によりネットワークシステム中の各ノードが障害の発生を検出し、前記各ループのそれぞれにおいて、障害発生を検出した前記ノードは、特定信号を隣接ノードへ送信し、前記信号監視手段が出力する前記監視信号により前記特定信号の未受信を検出したノードは、自ノードの上流において障害が発生していると判断して自ループの障害箇所をノードを特定する情報を含むIDパケットで前記最下流ノードに送信し、複数の前記各最下流ノードは、前記IDパケットおよび前記監視信号により自ループの障害箇所を判断し、判断した前記自ループの障害箇所をデータの衝突がないように前記IDパケットで送信し、

障害発生を検出した前記ノード、および前記通知信号により障害の発生を検出したネットワークシステム中の各ノードは、前記監視信号と前記IDパケットに基づきネットワークシステムの障害箇所を特定する、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項3】 請求項2記載のネットワークシステムにおいて、正常動作時に、マスタノードが各最下流ノード宛に問合せパケットを送出し、前記各最下流ノードは自ノード宛の前記問合せパケットを受信すると応答パケットを送出し、マスタノードが前記応答パケットの受信の有無により障害の発生を検出する、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項4】 請求項2記載のネットワークシステムにおいて、通知信号は、前記特定の信号パターンの受信を妨害する信号である、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項5】 請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、特定の信号パターンは、データ送信を許可されるノードのノードIDである送信ノードIDと送信されたデータを受信すべきノードのノードIDである受信ノードIDを含み、前記特定の信号パターンによってノードが送受信権を得る、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項6】 請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、各ノードは、障害検出時の信号送受信を行う制御手段と、通常時の信号送受信を行う通常データ送受信制御手段と、通常時には前記通常データ送受信制御手段に接続して障害発生時には前記制御手段に接続するスイッチとを備えた、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項7】 請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、全ノードが通常の通信を行わない無信号時間が設けられており、障害発生を検出した前記ノードは、通常のデータ通信を妨げないように前記無信号時間中にノード間で送受信すべき障害箇所検出および特定のための信号とパケットを送受信する、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項8】 請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、前記各ノードは、正常動作時にネットワークシステムの構成状態を記憶する記憶手段を備え、障害発生を検出したノードは、正常動作時に記憶しておいた前記構成状態と判断した前記障害箇所に基づきネットワークシステムの障害箇所を特定する、

ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項9】 請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、

ネットワーク中には1つのマスタノードと1つ以上のスレーブノードが存在し、前記マスタノードおよび前記スレーブノードにはノードを特定するための固有のノードIDが割当てられており、前記スレーブノード中に代替マスタノードとなることのできる候補ノードが少なくとも1つ存在し、

正常に通信可能である前記候補ノードは、特定したネットワークシステムの障害箇所に基づき代替マスタノードの選出が必要であると判断すれば、前記固有のノードIDにより決定される待ち時間だけ待ってから前記代替マスタノードとして動作を開始し、

正常に通信可能である前記候補ノードは、前記待ち時間だけ待つ間に前記マスタノードの復帰を検出すれば、前記スレーブノードとしての動作に復帰することにより、1つ以上の前記候補ノード群から1つの前記代替マスタノードを選出し、

前記固有のノードIDにより優先度が決定され、ある前記優先度Kを持つ前記候補ノードが前記代替マスタノードとして動作を開始したことが全ノードに伝達されるのに必要な時間が経過した後に、前記優先度Kより低い優先度を持つ前記候補ノードの前記待ち時間が終了する、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項10】 請求項2記載のネットワークシステムにおいて、

各ノードは特定したネットワークシステムの障害箇所に基づき自ノードが正常に通信不可能であると判断すれば、通信動作を停止してネットワークシステムから離脱する、

ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項11】 請求項9記載のネットワークシステムにおいて、

固有のノードIDにより決定される待ち時間は、一定時間“T”とノードIDの全部もしくは一部の積である、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項12】 請求項11記載のネットワークシステムにおいて、

前記一定時間“T”は、ノード間の伝送遅延時間の最大値の2倍以上である、

ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項13】 請求項9記載のネットワークシステムにおいて、

前記候補ノードは、特定の信号パターンの送出を開始することで代替マスタノードとして動作を開始し、特定の信号パターンを受信することでマスタノードの復帰を検出する、

ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項14】 請求項1または2記載のネットワーク

システムにおいて、

ネットワーク中には1つのマスタノードと1つ以上のスレーブノードが存在し、前記マスタノードおよび前記スレーブノードにはノードを特定するための固有のノードIDが割当てられており、前記スレーブノード中に代替マスタノードとなることのできる候補ノードが少なくとも1つ存在し、

前記マスタノードは特定の信号パターンを送出するものであり、

次の前記特定の信号パターンの受信予定時刻は各ノードで既知であり、

前記各候補ノードは自ノードが全ノード中で第1の優先度を持つか否かを既知であり、

前記第1の優先度を設定されている前記候補ノードは、前記特定の信号パターンの受信予定時刻に前記特定の信号パターンを受信しないことで障害の発生を検出した後、代替マスタノードの選出の必要性があることを認識するとすぐに代替マスタノードとして動作する、

ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項15】 請求項14記載のネットワークシステムにおいて、

前記第1の優先度を設定されている候補ノードは、マスタノードが保持する通信管理情報を保持している、ことを特徴とするネットワークシステム。

【請求項16】 複数のノードが伝送路により接続され、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムに用いられるネットワーク端末であって、

伝送路を伝送される信号を受信する受信手段と、伝送路を伝送される信号の有無を検出し監視信号を出力する信号監視手段と、

前記伝送路上を伝送される特定の信号パターンの受信を検出し前記特定の信号パターンが一定時間以上検出されない時に未検出信号を出力する検出手段と、

前記検出手段が出力する前記未検出信号により障害の発生を検出し、障害の発生を検出すると通知信号と特定信号を出力し、特定信号の未受信により自ノードの上流で障害が発生していると判断すればIDパケットを出力し、監視信号と受信するIDパケットから障害の箇所を判断する制御手段と、

伝送路へ信号を送出する送信手段と、

自ノードを特定するノードIDを記憶する記憶手段とを備えた、

ことを特徴とするネットワーク端末。

【請求項17】 複数のノードが伝送路により接続され、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムにおいてネットワークシステムの障害箇所を特定する障害箇所特定方法であって、

前記ノードは、前記特定の信号パターンを一定時間以上

受信しないことからネットワークシステムの障害発生を検出し、

障害発生を検出した前記各ノードは、ノード間で特定信号を送受信して前記特定信号の未受信により自ノードに隣接する障害箇所の有無を判断し、

前記判断した障害箇所を示す信号をノード間で送受信することにより、前記各ノードがネットワークシステムの障害箇所を特定する、

ことを特徴とする障害箇所特定方法。

【請求項18】 伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、および、単一のノードまたは伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが、一つ以上の入力部と一つ以上の出力部を有し一つの入力部より入力する信号が分岐され全ての出力部より出力される共通伝送経路に直接接続され、前記複数のループのいずれかに含まれた1つのノードがマスタノードとなり、前記マスタノードとなるノード以外のノードがスレーブノードとなり、さらに前記各ループにおいて最下流のノードが前記各ループの最下流ノードとなり、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムにおいてネットワークシステムの障害箇所を特定する障害箇所特定方法であって、

前記ノードは、前記特定の信号パターンを一定時間以上受信しないことからネットワークシステムの障害発生を検出し、

障害発生を検出した前記ノードは、通知信号により障害の発生を隣接するノードに通知し、

前記通知信号によりネットワークシステム中の各ノードが障害の発生を検出し、

前記各ループのそれぞれにおいて、障害発生を検出した前記ノードは特定信号を隣接ノードへ送信し、

前記特定信号の未受信により自ノードの上流において障害が発生していると判断して自ループの障害箇所をノードを特定する情報を含むIDパケットで前記最下流ノードに送信し、

複数の前記各最下流ノードは前記IDパケットおよび前記監視信号により自ループの障害箇所を判断し、判断した前記自ループの障害箇所をデータの衝突がないようにIDパケットで送信し、

障害発生を検出した前記ノード、および前記通知信号により障害の発生を検出したネットワークシステム中の各ノードは、前記監視信号と前記IDパケットに基づきネットワークシステムの障害箇所を特定する、

ことを特徴とする障害箇所特定方法。

【請求項19】 固有のノードIDが割当てられている1つのマスタノードと固有のノードIDが割当てられている1つまたは複数のスレーブノードがネットワーク中に存在し、前記スレーブノード中に代替マスタノードとなることのできる候補ノードが少なくとも1つ存在す

る、マスタ-スレーブ方式のネットワークシステムにおいて、

正常に通信可能である前記候補ノードは、マスタノードの故障を検出したとき、前記固有のノードIDにより決定される待ち時間だけ待ってから前記代替マスタノードとして動作を開始し、

正常に通信可能である前記候補ノードは、前記待ち時間だけ待つ間に前記マスタノードの復帰を検出すれば、前記スレーブノードとしての動作に復帰することにより、1つ以上の前記候補ノード群から1つの前記代替マスタノードを選出し、

前記固有のノードIDにより優先度が決定され、ある前記優先度Kを持つ前記候補ノードが前記代替マスタノードとして動作を開始したことが全ノードに伝達されるのに必要な時間が経過した後に、前記優先度Kより低い優先度を持つ前記候補ノードの前記待ち時間が終了する、ことを特徴とするネットワークシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マスタノードおよび1つ以上のスレーブノードから成り、マスタノードにより特定の信号パターンが送信され、一定時間以内ごとに前記特定の信号パターンが全ノードにより受信されるネットワークシステムにおいて、マスタノード故障時等の代替マスタノードをスレーブノード中から自動的に選出する方法、断線やノード故障といった障害箇所の特定と障害回復を実現する方法、および障害箇所の特定と障害回復を実現できるネットワークシステムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】ネットワーク中にマスタノードおよびスレーブノードが存在して、マスタノードがデータ送信権の調停を行うなど、データ伝達を行うためにはマスタノードが必要である従来のネットワークシステムでは、マスタノードに故障が発生するとデータの通信ができなくなるという問題があった。また、従来のネットワークシステムにおける障害箇所検出方法としては、例えば特開昭56-161742号に開示されているように、ループ型ネットワークにおいて、キャリア断が一定時間以上続いたら自己キャリアを送出すると共に、所定時間後に自己キャリアに乗せて自ノードアドレスを含むレスポンスを送出することにより、マスタノードはこのアドレスを送出したスレーブノードの前位に障害があると認識できるようにする故障箇所検出方法がある。

【0003】以下、特開昭56-161742号に開示されている故障箇所検出方法について図12を参照しながら説明する。図12はループ型ネットワークの例である。図12において、12aは主局であり、12b、12c、12d、12eは端末局であり、12fは回線である。正常状態において主局12aは端末局12bへキ

キャリアを送出し、このキャリアにデータを乗せてデータの伝送を行っている。端末局12b~12eは、このキャリアを受信し、これを再生中継している。正常状態において、ノード12b、12c、12d、12eおよび主局はキャリアを受信し、キャリアの検出状態にある。

【0004】今、図12に示すように、端末局12bと端末局12cとの間で回線障害が発生したとすると、端末局12c、12d、12eおよび主局に12aにおいてキャリア断が検出されるが、端末局12bは正常にキャリアを受信するのでキャリア断を検出しない。各局はキャリア断を検出するとTa時間後に自己キャリアを送出し始める。従って端末局12d、12eおよび主局12aでは再びキャリアを検出できる。キャリアを再び検出できた局は自己キャリアの送出を止める。しかしながら、端末局12bおよび端末局12cとの間で回線障害が発生しているので端末局12cではいつになってもキャリア断のままとなる。

【0005】そこで端末局12cでは、自己キャリア送出後Tb時間後に回線ダウンレスポンス送出の準備をし、Tc時間後にTdの間隔で自局のアドレスを含むラインダウンレスポンスを自己キャリアに乗せて繰り返し送る。このため主局12aではこの端末局12cのラインダウンレスポンスを受信することにより端末局12cと端末局12bとの間に回線断があることを検出できる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら特開昭56-161742号で開示されている方法は、ネットワークの構成がループ型でない場合、ネットワークの構成によっては、上記方法でキャリア断により障害の発生を検出しても、前記障害の発生箇所を特定できない。例えば、図13に示すような特願平10-113459号に開示されているネットワーク、すなわち、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接接続されて構成されるネットワークシステムにおいて、ノード112とノード111の間で断線障害が発生した場合と、マスタノード101においてノード故障が発生した場合のそれぞれを考える。

【0007】断線障害が生じた場合はノード111およびノード110においてキャリア断が検出され障害発生を検出する。障害発生を検出したノード111およびノード110が自己キャリアを送信すれば、マスタノードが送出するキャリアと前記ノード110が送出したキャリアが共通伝達経路15において衝突し、前記自己キャリアは正常に受信されない。従って、障害の発生箇所を検出/特定することができなくなる。

【0008】また、マスタノード101におけるノード故障が発生してキャリア送出を停止した場合は、マスタ

ノードを除く全ノードつまりノード100、ノード110、ノード111、ノード112、ノード120およびノード121においてキャリア断が検出され障害発生を検出する。障害発生を検出したノード100、ノード110、ノード111、ノード112、ノード120およびノード121が自己キャリアを送信すれば、ノード110、111および120において前記自己キャリアが受信されるが、最上流のノード101、ノード112およびノード121では、共通伝達経路15で各ループの最下流ノード100、ノード110およびノード120が送出したキャリアが衝突してしまい、前記自己キャリアは正常に受信されない。その後に前記自己キャリアを正常に受信できなかったノードが自ノードアドレスを含んだレスポンスを送出すると、共通伝達経路15で前記自ノードアドレスを含んだレスポンスも衝突し、前記自ノードアドレスを含んだレスポンスも正常に受信されない。従って、障害の箇所を検出/特定することができなくなる。

【0009】また、ネットワークの構成によっては、マスタノードが故障した場合には代替のマスタノードを選出して、ネットワーク全体の動作停止を回避できるネットワークもある。そのようなネットワークにおいては、障害の発生を検出したノードは、障害箇所がマスタノードに関連するものであり従って代替マスタノードの選択が必要となるのか、あるいは、障害箇所がマスタノードに関連するものでなく従って代替マスタノードの選出は不要であるのかを判断する必要がある。前記判断ができないと、代替マスタノード選出の必要がない障害が発生した場合に、あるノードが代替マスタノードの選出が必要であると判断して、代替マスタノードとして動作してしまうと、ネットワークの動作に悪影響を与える。また、代替マスタノードを選出する必要がある障害が発生した場合に、代替マスタノードの選出が必要ないと判断してしまうと、代替マスタノードが選出されないことになる。前記判断をするためには、障害の発生箇所を特定する必要があるが、特開昭56-161742号で開示されている方法では、図13に示すような特願平10-113459号に開示されているネットワークにおいて、障害の発生箇所を特定することができないという問題があった。

【0010】そこで本発明では、図13に示すような、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接接続されて構成されるネットワークシステムにおいても、障害の発生を検出し、障害の発生箇所を特定し、マスタノード故障の場合には代替マスタノードをスレーブノード中から自動的に選出することによりマスタノードの故障によるネットワークシステム全体の動作停止を回避することのできるネットワークシステム

ム、障害箇所特定方法および障害回復方法を提供することを目的とする。

#### 【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本願の請求項1にかかる発明は、複数のノードが伝送路により接続され、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムであって、前記各ノードが、前記伝送路を伝送される信号の有無を検出する信号監視手段と、前記特定の信号パターンの受信を検出する検出手段とを備え、前記検出手段によりネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記各ノードが、ノード間で特定信号を送受信して前記特定信号の受信の有無を信号監視手段で検出することにより自ノードに隣接する障害箇所の有無を判断し、判断した障害箇所を示すための信号をノード間で送受信することにより、ネットワークシステムの障害箇所を特定するものである。

【0012】また、本願の請求項2にかかる発明は、伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、および、単一のノードまたは伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが、一つ以上の入力部と一つ以上の出力部を有し一つの前記入力部より入力する信号が分岐され全ての前記出力部より出力される共通伝達経路に直接接続され、前記複数のループのいずれかに含まれた1つのノードがマスタノードとなり、前記マスタノードとなるノード以外のノードがスレーブノードとなり、さらに前記各ループにおいて最下流のノードが前記各ループの最下流ノードとなり、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムであって、前記各ノードが、前記伝送路を伝送される信号の有無を検出し監視信号を出力する信号監視手段と、前記特定の信号パターンの受信を検出し該特定の信号パターンを所定時間以上受信しなかったときに未検出信号を出力する検出手段とを備え、前記検出手段より出力する未検出信号によりネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記ノードが、通知信号により障害の発生を隣接するノードに通知し、前記通知信号によりネットワークシステム中の各ノードが障害の発生を検出し、前記各ループのそれぞれにおいて、障害発生を検出した前記ノードが特定信号を隣接ノードへ送信し、前記信号監視手段が出力する前記監視信号により前記特定信号の未受信を検出したノードが、自ノードの上流において障害が発生していると判断して自ループの障害箇所をノードを特定する情報を含むIDパケットで前記最下流ノードに送信し、複数の前記各最下流ノードが、前記IDパケットおよび前記監視信号により自ループの障害箇所を判断し、判断した前記自ループの障害箇所をデータの衝突がないように前記IDパケットで送信し、障害発生を検出した前記ノード、および前記通知

信号により障害の発生を検出したネットワークシステム中の各ノードが、前記監視信号と前記IDパケットに基づきネットワークシステムの障害箇所を特定するものである。

【0013】また、本願の請求項3にかかる発明は、請求項2記載のネットワークシステムにおいて、正常動作時に、マスタノードが各最下流ノード宛に問合せパケットを送出し、前記各最下流ノードが自ノード宛の前記問合せパケットを受信すると応答パケットを送出し、マスタノードが前記応答パケットの受信の有無により障害の発生を検出するものである。

【0014】また、本願の請求項4にかかる発明は、請求項2記載のネットワークシステムにおいて、前記通知信号が、前記特定の信号パターンの受信を妨害する信号であるものである。

【0015】また、本願の請求項5にかかる発明は、請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、前記特定の信号パターンが、データ送信を許可されるノードのノードIDである送信ノードIDと送信されたデータを受信すべきノードのノードIDである受信ノードIDを含み、前記特定の信号パターンによってノードが送受信権を得るものである。

【0016】また、本願の請求項6にかかる発明は、請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、各ノードが、障害検出時の信号送受信を行う制御手段と、通常時の信号送受信を行う通常データ送受信制御手段と、通常時には前記通常データ送受信制御手段に接続して障害発生時には前記制御手段に接続するスイッチとを備えたものである。

【0017】また、本願の請求項7にかかる発明は、請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、全ノードが通常の通信を行わない無信号時間が設けられており、障害発生を検出した前記ノードが、通常のデータ通信を妨げないように前記無信号時間中にノード間で送受信すべき障害箇所検出および特定のための信号とパケットを送受信するものである。

【0018】また、本願の請求項8にかかる発明は、請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、前記各ノードが、正常動作時にネットワークシステムの構成状態を記憶する記憶手段を備え、障害発生を検出したノードが、正常動作時に記憶しておいた前記構成状態と判断した前記障害箇所に基づきネットワークシステムの障害箇所を特定するものである。

【0019】また、本願の請求項9にかかる発明は、請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、ネットワーク中には1つのマスタノードと1つ以上のスレーブノードが存在し、前記マスタノードおよび前記スレーブノードにはノードを特定するための固有のノードIDが割当てられており、前記スレーブノード中に代替マスタノードとなることのできる候補ノードが少なくと



も1つ存在し、正常に通信可能である前記候補ノードが、特定したネットワークシステムの障害箇所に基づき代替マスタノードの選出が必要であると判断すれば、前記固有のノードIDにより決定される待ち時間だけ待ってから前記代替マスタノードとして動作を開始し、正常に通信可能である前記候補ノードが、前記待ち時間だけ待つ間に前記マスタノードの復帰を検出すれば、前記スレーブノードとしての動作に復帰することにより、1つ以上の前記候補ノード群から1つの前記代替マスタノードを選出し、前記固有のノードIDにより優先度が決定され、ある前記優先度Kを持つ前記候補ノードが前記代替マスタノードとして動作を開始したことが全ノードに伝達されるのに必要な時間が経過した後に、前記優先度Kより低い優先度を持つ前記候補ノードの前記待ち時間が終了するものである。

【0020】また、本願の請求項10にかかる発明は、請求項2記載のネットワークシステムにおいて、各ノードが、特定したネットワークシステムの障害箇所に基づき自ノードが正常に通信不可能であると判断すれば、通信動作を停止してネットワークシステムから離脱するものである。

【0021】また、本願の請求項11にかかる発明は、請求項9記載のネットワークシステムにおいて、固有のノードIDにより決定される待ち時間が、一定時間“T”とノードIDの全部もしくは一部の積であるものである。

【0022】また、本願の請求項12にかかる発明は、請求項11記載のネットワークシステムにおいて、前記一定時間“T”が、ノード間の伝送遅延時間の最大値の2倍以上であるものである。

【0023】また、本願の請求項13にかかる発明は、請求項9記載のネットワークシステムにおいて、前記候補ノードが、特定の信号パターンの送出を開始することで代替マスタノードとして動作を開始し、特定の信号パターンを受信することでマスタノードの復帰を検出するものである。

【0024】また、本願の請求項14にかかる発明は、請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、ネットワーク中には1つのマスタノードと1つ以上のスレーブノードが存在し、前記マスタノードおよび前記スレーブノードにはノードを特定するための固有のノードIDが割当てられており、前記スレーブノード中に代替マスタノードとなることのできる候補ノードが少なくとも1つ存在し、前記マスタノードは特定の信号パターンを送出するものであり、次の前記特定の信号パターンの受信予定時刻は各ノードで既知であり、前記各候補ノードは自ノードが全ノード中で第1の優先度を持つ可否かを既知であり、前記第1の優先度を設定されている前記候補ノードが、前記特定の信号パターンの受信予定時刻に前記特定の信号パターンを受信しないことで障害

の発生を検知した後、代替マスタノードの選出の必要性があることを認識するとすぐに代替マスタノードとして動作するものである。

【0025】また、本願の請求項15にかかる発明は、請求項14記載のネットワークシステムにおいて、前記第1の優先度を設定されている候補ノードが、マスタノードが保持する通信管理情報を保持しているものである。

【0026】また、本願の請求項16にかかる発明は、複数のノードが伝送路により接続され、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムに用いられるネットワーク端末であって、伝送路を伝送される信号を受信する受信手段と、伝送路を伝送される信号の有無を検出し監視信号を出力する信号監視手段と、前記伝送路上を伝送される特定の信号パターンの受信を検出し前記特定の信号パターンが一定時間以上検出されない時に未検出信号を出力する検出手段と、前記検出手段が出力する前記未検出信号により障害の発生を検出し、障害の発生を検出すると通知信号と特定信号を出力し、特定信号の未受信により自ノードの上流で障害が発生していると判断すればIDパケットを出力し、監視信号と受信するIDパケットから障害の箇所を判断する制御手段と、伝送路へ信号を送出する送信手段と、自ノードを特定するノードIDを記憶する記憶手段とを備えたものである。

【0027】また、本願の請求項17にかかる発明は、複数のノードが伝送路により接続され、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムにおいてネットワークシステムの障害箇所を特定する障害箇所特定方法であって、前記ノードが、前記特定の信号パターンを一定時間以上受信しないことからネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記各ノードが、ノード間で特定信号を送受信して前記特定信号の未受信により自ノードに隣接する障害箇所の有無を判断し、前記判断した障害箇所を示す信号をノード間で送受信することにより、前記各ノードがネットワークシステムの障害箇所を特定するものである。

【0028】また、本願の請求項18にかかる発明は、伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、および、単一のノードまたは伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが、一つ以上の入力部と一つ以上の出力部を有し一つの入力部より入力する信号が分岐され全ての出力部より出力される共通伝達経路に直接接続され、前記複数のループのいずれかに含まれた1つのノードがマスタノードとなり、前記マスタノードとなるノード以外のノードがスレーブノードとなり、さらに前記各ループにおいて最下流のノードが前記各ループの最下流ノードとなり、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定



の信号パターンが伝送されるネットワークシステムにおいてネットワークシステムの障害箇所を特定する障害箇所特定方法であって、前記ノードが、前記特定の信号パターンを一定時間以上受信しないことからネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記ノードが、通知信号により障害の発生を隣接するノードに通知し、前記通知信号によりネットワークシステム中の各ノードが障害の発生を検出し、前記各ループのそれぞれにおいて、障害発生を検出した前記ノードが、特定信号を隣接ノードへ送信し、前記特定信号の未受信により自ノードの上流において障害が発生していると判断して自ループの障害箇所をノードを特定する情報を含むIDパケットで前記最下流ノードに送信し、複数の前記各最下流ノードが、前記IDパケットおよび前記監視信号により自ループの障害箇所を判断し、判断した前記自ループの障害箇所をデータの衝突がないようにIDパケットで送信し、障害発生を検出した前記ノード、および前記通知信号により障害の発生を検出したネットワークシステム中の各ノードが、前記監視信号と前記IDパケットに基づきネットワークシステムの障害箇所を特定するものである。

【0029】また、本願の請求項19にかかる発明は、固有のノードIDが割当てられている1つのマスタノードと固有のノードIDが割当てられている1つまたは複数のスレーブノードがネットワーク中に存在し、前記スレーブノード中に代替マスタノードとなることのできる候補ノードが少なくとも1つ存在する、マスタ-スレーブ方式のネットワークシステムにおいて、正常に通信可能である前記候補ノードが、マスタノードの故障を検出したとき、前記固有のノードIDにより決定される待ち時間だけ待ってから前記代替マスタノードとして動作を開始し、正常に通信可能である前記候補ノードが、前記待ち時間だけ待つ間に前記マスタノードの復帰を検出すれば、前記スレーブノードとしての動作に復帰することにより、1つ以上の前記候補ノード群から1つの前記代替マスタノードを選出し、前記固有のノードIDにより優先度が決定され、ある前記優先度Kを持つ前記候補ノードが前記代替マスタノードとして動作を開始したことが全ノードに伝達されるのに必要な時間が経過した後、前記優先度Kより低い優先度を持つ前記候補ノードの前記待ち時間が終了するものである。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図1から図11を用いて説明する。

(実施の形態1) 図1は、本発明の実施の形態1におけるネットワークシステムの構成を示す図である。図1に示すように、ループ接続された複数のノードで構成されるループ0、ループ1、およびループ2が1つの共通伝達経路(バス)15に直接接続されてネットワークが構成されている。図1に示すように、ネットワーク中のノード

ードには唯一のマスタノード101、および1つ以上のスレーブノード100、110、111、112、120、121が存在する。また、図1において13は伝送路、15は一つ以上の入力部と一つ以上の出力部を有し一つの入力部より入力する信号が分岐され全ての出力部より出力される共通伝達経路である。15は伝送される信号が光信号の場合なら光スターカプラ等で実現し、伝送される信号が電気信号の場合なら電気的なバスとして実現すれば良い。以下では共通伝達経路15を光スターカプラで構成し、伝送路13を光ファイバで実現するものとする。図1において、矢印の方向がデータの流れる方向を示す。図1に示すように、ネットワークはノードが一方向に接続されたループが、光スターカプラ15に接続された構成となる。

【0031】また、ノード100はノード100および101から構成されるループ0の最下流ノードであり、ノード110はノード110、111および112から構成されるループ1の最下流ノードであり、ノード120はノード120および121から構成されるループ2の最下流ノードである。最下流ノードは各ループにおいて送信手段の出力側が光スターカプラ15に直接接続されているノードである。

【0032】以下の説明において、あるノードAの送信手段と別のあるノードBの受信手段が伝送路により直接接続されている場合、ノードBをノードAの直下のノードと呼び、ノードAをノードBの直上のノードと呼ぶことにする。また、ノードAとノードBの間の伝送路を、ノードAの直下の伝送路、もしくはノードBの直上の伝送路と呼ぶことにする。例えば図1に示されるネットワークシステムにおいて、ノード110はノード111の直下のノードであり、ノード111はノード110の直上のノードである。また、ノード110とノード111の間の伝送路はノード111の直下の伝送路、もしくはノード110の直上の伝送路と呼ぶ。

【0033】ネットワーク中のノードには、それぞれノードを特定するためのノードIDが割当てられており、ノードIDは、そのノードの属するループのループアドレスとそのループ上でのノードアドレスから構成される。ループアドレスはループを特定するための各ループに固有の番号であり、ノードアドレスはループ上のノードを特定するための各ノードに固有のノードの番号である。ネットワーク上であるノードを特定するには、そのノードが属するループアドレスと、そのループ上でのノードのノードアドレスを指定すれば良い。本実施の形態における、ノードIDの記述方法は、(ループアドレス、ノードアドレス)とする。例えばループアドレスが1でありノードアドレスが2であるノードのノードIDは(1、2)と表現する。100のノードIDは(0、0)、101のノードIDは(0、1)、110のノードIDは(1、0)、111のノードIDは(1、

1)、112のノードIDは(1. 2)120のノードIDは(2. 0)、121のノードIDは(2. 1)とする。

【0034】また、各ノードにおいて、1001, 1011, 1101, 1111, 1121, 1201, および1211は検出手段、1002, 1012, 1102, 1112, 1122, 1202, および1212は信号監視手段、1003, 1013, 1103, 1113, 1123, 1203, および1213は制御手段、1004, 1014, 1104, 1114, 1124, 1204, および1214は記憶手段、1005, 1015, 1105, 1115, 1125, 1205, および1215は送信手段、1006, 1016, 1106, 1116, 1126, 1206, および1216は受信手段である。

【0035】図1に示されるように、各ノードは検出手段、信号監視手段、制御手段、記憶手段、送信手段および受信手段を備える。1001はノード100の検出手段であり、1002はノード100の信号監視手段であり、1003はノード100の制御手段であり、1004はノード100の記憶手段であり、1005はノード100の送信手段であり、1006はノード100の受信手段である。1011はノード101の検出手段であり、1012はノード101の信号監視手段であり、1013はノード101の制御手段であり、1014はノード101の記憶手段であり、1015はノード101の送信手段であり、1016はノード101の受信手段である。1101はノード110の検出手段であり、1102はノード110の信号監視手段であり、1103はノード110の制御手段であり、1104はノード110の記憶手段であり、1105はノード110の送信手段であり、1106はノード110の受信手段である。1111はノード111の検出手段であり、1112はノード111の信号監視手段であり、1113はノード111の制御手段であり、1114はノード111の記憶手段であり、1115はノード111の送信手段であり、1116はノード111の受信手段である。1121はノード112の検出手段であり、1122はノード112の信号監視手段であり、1123はノード112の制御手段であり、1124はノード112の記憶手段であり、1125はノード112の送信手段であり、1126はノード112の受信手段である。1201はノード120の検出手段であり、1202はノード120の信号監視手段であり、1203はノード120の制御手段であり、1204はノード120の記憶手段であり、1205はノード120の送信手段であり、1206はノード120の受信手段である。1211はノード121の検出手段であり、1212はノード121の信号監視手段であり、1213はノード121の制御手段であり、1214はノード121の記憶手段であ

り、1215はノード121の送信手段であり、1216はノード121の受信手段である。

【0036】検出手段1001, 1011, 1101, 1111, 1121, 1201, および1211は、伝送路上を伝送される特定の信号パターンの受信を検出し前記特定の信号パターンが一定時間以上検出されない時に未検出信号を出力する。

【0037】信号監視手段1002, 1012, 1102, 1112, 1122, 1202, および1212は、伝送路を伝送される信号の有無を検出し監視信号を出力する。信号監視手段は監視信号として、伝送路を伝送される信号が存在する場合は“1”を出力し、存在しない場合は“0”を出力するものとする。本実施の形態における信号監視手段は、伝送路上の光信号を検出し光信号があるかないかを検出するものとする。

【0038】制御手段1003, 1013, 1103, 1113, 1123, 1203, および1213は、信号監視手段が出力する監視信号、検出手段が出力する未検出信号、および受信パケットにより障害の発生検出、障害箇所の判断を行う。

【0039】記憶手段1004, 1014, 1104, 1114, 1124, 1204, および1214は、自ノードを識別するノードID、自ノードがマスタノードとスレーブノードのいずれであるか、自ノードが最下流ノードであるか否か、およびマスタノードのノードIDを記憶する。従って本実施の形態の場合、記憶手段1014は自ノードがマスタノードであると記憶し、それ以外の記憶手段は自ノードがスレーブノードであると記憶している。また、記憶手段1004, 1104, および1204は自ノードが最下流ノードであると記憶し、それ以外の記憶手段は自ノードが最下流ノードでないと記憶している。また全ノードの記憶手段はマスタノードのノードID(0. 1)を記憶している。

【0040】送信手段1005, 1015, 1105, 1115, 1125, 1205, および1215は、通知信号、特定信号およびパケットを伝送路へ送信する。

【0041】受信手段1006, 1016, 1106, 1116, 1126, 1206, および1216は、通知信号、特定信号およびパケットを伝送路より受信する。以上のように構成されたネットワークシステムにおいて、断線やノード故障といった障害が発生した場合に障害箇所を特定し、必要により代替マスタノードを選出する方法について、以下で詳細に説明する。

【0042】まず、通常状態における動作をノード101が信号を送信した場合を例にとり説明する。ノード101の送信手段から伝送路へ送信された信号はノード100を経て光スターカブラ15へと到達する。光スターカブラ15は、一つ以上の入力部と一つ以上の出力部を有し、一つの入力部より入力する信号が分岐され全ての出力部より出力される構成となっている。従って光スタ

ーカブラ15へ到達した信号は分岐されて、ノード101、112、および121へ伝送される。ノード101に伝送された信号は当該信号の送信元ノードであるノード101にて破棄される。ノード112へ伝送された信号はノード111を経て最下流ノード110へと伝送され、最下流ノード110にて破棄される。ノード121へ伝送された信号は最下流ノード120へと伝送され、最下流ノード120にて破棄される。このように通常状態においては、信号の送信元ノード（この場合ノード101）、および送信元ノードと異なるループに属するループの最下流ノード（この場合ノード110および120）が信号の破棄を行う。送信元ノードと同じループに属するループの最下流ノード（この場合ノード100）は破棄を行わない。

【0043】また、通常状態においてはマスタノード101が特定の信号パターンを一定時間毎に送信する。前記特定の信号パターンは、上記方法と同様にしてマスタノードから全ノードへと伝送され、受信され、最下流ノード110、120および当該パケットパターンの送信元ノードであるマスタノード101で破棄される。通常状態においては、全ノードが特定の信号パターンを一定時間毎に受信する。よって全ノードの検出手段は、伝送路上を伝送される特定の信号パターンの受信を検出するので未検出信号を出力しない。また、全ノードの信号監視手段は、伝送路を伝送される信号の存在を検出し、監視信号として“1”を出力する。本実施の形態においては、伝送路上の信号レベルにはHighレベル（光信号あり）とLowレベル（光信号なし）があり、信号監視手段は伝送路上の信号レベルを検出しHighであれば“1”、Lowレベルであれば“0”を出力するものとする。

【0044】図4は、ネットワークの障害検出方法を説明する図である。図4において41はマスタノードが送出する特定の信号パターン、42は故障が発生した時刻、43は故障により受信されなかった特定の信号パターン、44は代替マスタノードの選出等による障害回復後、受信する特定の信号パターンである。図4に示すように、障害の発生は一定時間間隔以内で送信されてくるはずの特定の信号パターンの喪失によって検出でき、障害の回復は特定の信号パターンの受信により検出できる。

【0045】まず、障害箇所特定方法の概略を説明する。断線やノード故障といった障害が発生すると、特定の信号パターンが検出できなくなることから障害箇所の下流に位置するノードが障害を検出する（検出フェーズ）。障害を検出したノードは通知信号で障害の発生を他のノードに知らせる（障害発生通知フェーズ）。その後、特定信号を送信することで、障害の発生箇所が自ノードの直上であるか否かを判断する（調査フェーズ1）。最下流ノード以外のノードは、障害の発生箇所が

自ノードの直上であった場合、自ノードのID情報を含んだIDパケットを送信する。障害の発生箇所が自ノードの直上でない場合は、受信したIDパケットを中継する（調査フェーズ2）。最下流ノードは、受信したIDパケット等から自ループの障害状況を判断し、判断した結果をIDパケットで送信する。その際、各最下流ノード毎にIDパケットを送信するための時分割のスロットを設けておくなどして、各最下流ノードのIDパケットが衝突しないようにする（調査フェーズ3）。最下流ノードの送信したIDパケット等により全ノードが、障害の状況を知る（特定フェーズ）。さらに、必要により代替マスタノード選出等の回復処理を行う（回復フェーズ）。

【0046】図2は、本発明の実施の形態1におけるネットワークシステムにおいて、ノード111とノード112の間で伝送路の断線障害16が発生した場合を示す図である。図3は、本発明の実施の形態1におけるネットワークシステムにおいて、ノード101においてノード障害17が発生した場合を示す図である。図2および図3のそれぞれの障害が発生した場合の障害箇所検出および障害回復の詳細について図面を参照しながら説明する。

【0047】以下では、図2に示すように断線障害16が発生した場合の障害箇所特定方法の詳細を説明する。まず「検出フェーズ」について説明する。断線障害16により、ノード110および111は特定の信号パターンを含む全ての信号やパケットを受信しなくなる。従ってノード110の検出手段1101およびノード111の検出手段1111は、特定の信号パターンを受信しなくなって一定時間以上経過すると、未検出信号を出力する。ノード110の制御手段1103およびノード111の制御手段1113は、未検出信号により障害の発生を検出する。この時、ノード110の信号監視手段1102およびノード111の信号監視手段1112は、伝送路上を伝送される信号が存在しないので監視信号として“0”を出力している。なお前記一定時間（特定の信号パターンを受信しなくなってから未検出信号を出力するまでの時間）は“0”でもよい。すなわち、検出手段は特定の信号パターンを受信予定時刻に受信しない場合にすぐに未検出信号を送出してもよい。

【0048】次に「障害発生通知フェーズ」について説明する。ノード110の制御手段1103およびノード111の制御手段1113は、未検出信号により障害の発生を検出した場合に、監視信号が“0”であれば自ループの上流でのみ障害が発生しており他のノードは障害の発生を検出していない可能性があるため、障害の発生を他のノードに通知するために通知信号を出力する。通知信号は、本実施の形態では一定時間連続したHighレベルの信号であるとする。

【0049】ノード111の制御手段1113が出力し

た通知信号は送信手段1115により伝送路へと送出される。同様にしてノード110の制御手段1103が出力した通知信号は送信手段1105により伝送路へと送出される。ノード110の送出した通知信号は、光スターカプラ15により分岐され、ノード101、112、および121へ伝送される。マスタノード101が送出する特定の信号パターンとノード110が送出する通知信号は光スターカプラ15において衝突するが、通知信号が連続したHighレベルの信号であるので、衝突の結果は連続したHighレベルの信号となる。

【0050】ノード101、112、および121ではノード110の送出した通知信号により、マスタノード101が送出する特定の信号パターンの受信が妨害される。その結果、ノード101、112、および121において特定の信号パターンが受信されなくなる。ノード101で特定の信号パターンが受信されなくなったことでノード101の下流のノードであるノード100においても特定の信号パターンが受信されなくなる。同様にしてノード121の下流のノードであるノード120においても特定の信号パターンが受信されなくなる。

【0051】従って、特定の信号パターンを受信しなくなると一定時間以上経過すると、ノード100の検出手段1001、ノード101の検出手段1011、ノード112の検出手段1121、ノード120の検出手段1201、およびノード121の検出手段1211は未検出信号を出力する。ノード100の制御手段1003、ノード101の制御手段1013、ノード112の制御手段1123、ノード120の制御手段1203、およびノード121の制御手段1213は未検出信号により障害の発生を検出する。この時、ノード100の信号監視手段1002、ノード101の信号監視手段1012、ノード112の信号監視手段1122、ノード120の信号監視手段1202、およびノード121の信号監視手段1212は伝送路上を伝送される通知信号が存在するので監視信号として“1”を出力している。未検出信号により障害の発生を検出した場合に、監視信号が“1”であれば通知信号により障害の発生を通知されたものと判断して通知信号は出力しない。以上の動作により、ネットワーク中の全ノードが障害の発生を検出する。

【0052】次に「調査フェーズ1」について説明する。「障害発生通知フェーズ」の後、制御手段は特定信号を送出する。特定信号は、障害の発生箇所を特定するための信号であり、本実施の形態では一定時間連続したHighレベルの信号であるとする。全ノードの制御手段が障害を検出して特定信号を送出すると、それぞれのノードの送信手段により特定信号が伝送路へと送出される。全ノードが特定信号を送出すると、断線障害16の直下のノード111以外のノードにおいて、特定信号によって信号監視手段が伝送路上の信号の存在を検出し、

値が“1”の監視信号を出力する。断線障害16の直下のノード111においては、断線障害16により信号監視手段は信号の喪失を検出したままであり、監視信号の出力は“0”のままである。本フェーズにおいて、監視信号の出力が“0”であったノード（この場合ノード111）は、障害の発生箇所が自ノードの直上であると知る。

【0053】次に「調査フェーズ2」について説明する。「調査フェーズ2」では、最下流ノード以外のノードが動作する。最下流ノードでないノードの制御手段は「調査フェーズ1」において監視信号の出力が“0”のままであれば、自ノードの直上のノードもしくは直上の伝送路において障害が発生していると判断し、記憶手段に記憶されている自ノードIDを含むIDパケットを出力する。出力した前記IDパケットは送信手段によって伝送路へ送出される。

【0054】図5にIDパケットのフォーマットを示す。IDパケットはループアドレスとノードアドレスから構成されるノードID、および障害フラグのフィールドを含む。障害フラグは“1”か“0”の値をとり、“1”は障害があることを示し、“0”は障害がないことを示すものとする。また、最下流ノードでないノードの制御手段は、監視信号の出力が“1”であれば、自ノードの直上のノードもしくは直上の伝送路において障害は発生していないと判断し、自ノードのIDパケットは送出せずに、受信したIDパケットの中継動作をする。この場合、監視信号の出力が“0”であるのは、断線障害16の直下のノード111のみである。ノード111のノードIDは(1, 1)であるので、制御手段1113はループアドレスが“1”、ノードアドレスが“1”、障害フラグが“1”のIDパケットを出力する。出力した前記IDパケットは送信手段1115により伝送路へ送出される。

【0055】次に「調査フェーズ3」について説明する。「調査フェーズ3」では、最下流ノードが動作する。最下流ノードの制御手段は自ループの障害状況を判断し、自分のIDに依存した待機時間の終了後、判断した障害状況をIDパケットで送信する。最下流ノードの制御手段は、以下のケース1からケース3のいずれかのように自ループの障害状況判断を行う。まずケース1を説明する。調査フェーズ1において監視信号の出力が“1”であった場合、自ノードの直上のノードもしくは直上の伝送路において障害は発生していない。この状況でIDパケットを受信した場合、IDパケット中に含まれるノードIDを持つノードの上流において障害が発生していると判断する。従って、受信したIDパケットと同じIDパケットを送信する。

【0056】次にケース2を説明する。調査フェーズ1において監視信号の出力が“1”であった場合、自ノードの直上のノードもしくは直上の伝送路において障害は

発生していない。この状況でIDパケットを受信しない場合、自ループにおいて障害は発生していないと判断する。よって、自ループに障害がないことを示すために、ループアドレスが“自ループのループアドレス”、障害フラグが“0”のIDパケットを送信する。ノードアドレスのフィールドは何でも良いがここでは“0”を送信するものとしておく。

【0057】最後にケース3を説明する。調査フェーズ1において監視信号の出力が“0”であった場合、自ノードの直上のノードもしくは直上の伝送路において障害が発生していると判断する。よってループアドレスが“自ノードのループアドレス”、ノードアドレスが“自ノードのノードアドレス”、障害フラグが“1”のIDパケットを送信する。

【0058】なお、前記“自分のIDに依存した待機時間”は、各最下流ノードの送信するIDパケットが共通伝達経路15において衝突しないように定めれば良い。そのような待機時間“Wait”の例として、各ループの最下流ノードが自ループの障害状況判断を完了する時刻の時間差の中で最大のものをMargin、IDパケットを送信開始してから送信終了までの時間をLength、IDパケットを送信する最下流ノードのループアドレスをLoop\_Adr、とすると  

$$Wait = (Margin + Length) \times Loop\_Adr \cdots (数1)$$

のようなものが挙げられる。最下流ノードでの待ち時間

$$Margin + Wait0 + Length < Wait1 \cdots (数2)$$

【0060】が導かれる。(数2)より

$$Wait1 - Wait0 > Margin + Length \cdots (数3)$$

【0061】が導かれる。(数3)より、最下流ノード110の待ち時間と110の次にIDパケットを送出する最下流ノード110の待ち時間の時間差が、“Margin+Length”より大きければ良いことが分かる。よってこのことから(数1)が導かれる。なお、前記“Margin”は各ループの伝送遅延や通知信号による障害発生を検出に必要な時間などを考慮して大きめに設定することが望ましい。

【0062】以上のようにして、全最下流ノードが自ループの障害状況判断し、IDパケットを時分割で送信する。本実施の形態の場合、最下流ノード100はケース2のように判断し、ループアドレスが“0”、ノードアドレスが“0”、障害フラグが“0”(障害フラグ=“0”は障害がないことを意味する)のIDパケット180を送信する。最下流ノード110はケース1のように判断し、ループアドレスが“1”、ノードアドレスが“1”、障害フラグが“1”(障害フラグ=“1”は障害があることを意味する)のIDパケット181を送信する。最下流ノード120はケース2のように判断し、ループアドレスが“2”、ノードアドレスが“0”、障害フラグが“0”のIDパケット182を送信する。

を(数1)のようにすれば、各最下流ノードの送信するIDパケットが共通伝達経路15において衝突しないということを図6を参照しながら説明する。以下ではループアドレスは負でない整数であるとする。図6において、61はループアドレスが“0”である最下流ノード100の時間軸であり、62はループアドレスが“1”である最下流ノード110の時間軸である。63は最下流ノード100が自ループの障害状況判断を完了する時刻であり、64は最下流ノード100がIDパケット送出を開始する時刻であり、65は最下流ノード100がIDパケット送出を終了する時刻である。66は最下流ノード110が自ループの障害状況判断を完了する時刻であり、67は最下流ノード110がIDパケット送出を開始する時刻であり、68は最下流ノード110がIDパケット送出を終了する時刻である。また、最下流ノード100の待ち時間をWait0、最下流ノード110の待ち時間をWait1とする。最下流ノード110が自ループの障害状況判断を完了した後で最下流ノード100が自ループの障害状況判断を完了し、その時刻の時間差が最大となる(Marginに等しくなる)場合において最下流ノード100のIDパケットと最下流ノード110のIDパケットが共通伝達経路15において衝突しなければ良い。そのためには時刻65より時刻67が後になれば良い。この時、図6から

【0059】

【0063】次に「特定フェーズ」について説明する。ノード100, 101, 112, 120, 121は最下流ノードが送信した前記各IDパケットを受信し、ループ0および2には障害が発生しておらず、ループ1のノード(1.1)の直上において障害が発生していることを知る。断線障害16の下流に位置するノード111は、最下流ノードが送信した前記各IDパケットを受信しないが、「調査フェーズ1」において監視信号の値が“0”であったことから、自ノードの直上、つまりループ1のノード(1.1)の直上において障害が発生していることを知る。断線障害16の下流に位置するノード110も、最下流ノードが送信した前記各IDパケットを受信しないが、ノード111が送信したIDパケットによりループ1のノード(1.1)の直上において障害が発生していることを知る。

【0064】次に「回復フェーズ」について説明する。以上のように、最下流ノードが送信したIDパケットにより障害の箇所が特定できると、必要により障害回復動作を行う。本実施の形態で示すネットワークでは、断線およびノード故障といった障害が発生したループ中のノードは正常に通信が行えなくなるが、障害が発生してい

ないループ中のノードは正常に通信が行える。よって、自ループにおいて障害が発生していると判断したノード110, 111, および112は、以降の通信動作を停止してネットワークシステムから離脱し、正常なループのノード100, 101, 120, および121のみでネットワークを再構築して障害の回復を行うものとする。マスタノード101は障害箇所の特定が完了すると特定の信号パターンの送出を再開し、ネットワークは通常の動作に復帰する。以上のようにして、図2に示すようにノード111とノード112の間で伝送路の断線障害16が発生した場合に、障害箇所の検出および障害ループのネットワークシステムからの離脱が行われ障害が回復される。

【0065】以下では、図3に示すようにノード101においてノード障害17が発生した場合の障害箇所特定方法の詳細を説明する。断線障害の場合と同様に、まず「検出フェーズ」について説明する。ここでいうノード障害とは故障によりノードが信号を送信および中継をしなくなった場合を想定する。マスタノードのノード障害17により、ノード100, 110, 111, 112, 120, および121は特定の信号パターンを受信しなくなる。従ってノード100の検出手段1001、ノード110の検出手段1101、ノード111の検出手段1111、ノード112の検出手段1121、ノード120の検出手段1201およびノード121の検出手段1211は、特定の信号パターンを受信しなくなって一定時間以上経過すると、未検出信号を出力する。ノード100の制御手段1003、ノード110の制御手段1103、ノード111の制御手段1113、ノード112の制御手段1123、ノード120の制御手段1203、およびノード121の制御手段1213は、未検出信号により障害の発生を検出する。この時、ノード100の信号監視手段1002、ノード110の信号監視手段1102、ノード111の信号監視手段1112、ノード112の信号監視手段1122、ノード120の信号監視手段1202、およびノード121の信号監視手段1212は、伝送路上を伝送される信号が存在しないので監視信号として“0”を出力している。

【0066】次に「障害発生通知フェーズ」について説明する。ノード100の制御手段1003、ノード110の制御手段1103、ノード111の制御手段1113、ノード112の制御手段1123、ノード120の制御手段1203、およびノード121の制御手段1213は、未検出信号により障害の発生を検出すると、監視信号が“0”であるので断線障害の時と同様に通知信号を出力する。この場合、既に故障ノード101を除く全ノードが障害の発生を検出しているため、通知信号により障害の発生を検出するノードはない。以上により、故障ノード101を除くネットワーク中の全ノードが障害の発生を検出する。

【0067】次に「調査フェーズ1」について説明する。断線障害の時と同様に、「障害発生通知フェーズ」の後、制御手段は特定信号を送出する。故障ノード101を除く全ノードの制御手段が障害を検出して特定信号を送出すると、それぞれのノードの送信手段により特定信号が伝送路へと送出される。故障ノード101を除く全ノードが特定信号を送出すると、ノード障害17の直下のノード100以外のノードにおいて、特定信号によって信号監視手段が伝送路上の信号の存在を検出し、値が“1”の監視信号を出力する。ノード障害17の直下のノード100においては、ノード障害17により信号監視手段は信号の喪失を検出したままであり、監視信号の出力は“0”のままである。本フェーズにおいて、監視信号の出力が“0”であったノード100は、障害の発生箇所が自ノードの直上であると知る。

【0068】次に「調査フェーズ2」について説明する。断線障害の時と同様に、「調査フェーズ2」では最下流ノード以外のノードが動作する。この場合、故障ノード101と最下流ノードを除いたノード、つまりノード111, 112, および121のいずれにおいても監視信号の出力は“1”であるので、最下流ノードでないノードのいずれからもIDパケットは出力されない。

【0069】次に「調査フェーズ3」について説明する。断線障害の時と同様に、「調査フェーズ3」では最下流ノードが動作する。最下流ノードの制御手段は自ループの障害状況を判断し、自分のIDに依存した待機時間の終了後、判断した障害状況をIDパケットで送信する。最下流ノードの制御手段の自ループの障害状況判断は、断線障害の時と同様に行う。図3のようにノード障害17が発生した場合、最下流ノード100はケース3のように判断し、ループアドレスが“0”、ノードアドレスが“0”、障害フラグが“1”（障害フラグ＝“1”は障害があることを意味する）のIDパケット190を送信する。最下流ノード110はケース2のように判断し、ループアドレスが“1”、ノードアドレスが“0”、障害フラグが“0”（障害フラグ＝“0”は障害がないことを意味する）のIDパケット191を送信する。最下流ノード120はケース2のように判断し、ループアドレスが“2”、ノードアドレスが“0”、障害フラグが“0”のIDパケット192を送信する。

【0070】次に「特定フェーズ」について説明する。ノード110, 111, 112, 120, 121は最下流ノードが送信した前記各IDパケットを受信し、ループ1および2には障害が発生しておらず、ループ0のノード(0, 0)の直上において障害が発生していることを知る。ノード障害17の下流に位置するノード100は、最下流ノードが送信した前記各IDパケットを受信しないが、「調査フェーズ1」において監視信号の値が“0”であったことから、自ノードの直上、つまりループ0のノード(0, 0)の直上において障害が発生して



いることを知る。

【0071】次に「回復フェーズ」について説明する。以上のように、最下流ノードが送信したIDパケットにより障害の箇所が特定できると、断線障害の時と同様に、必要により障害回復動作を行う。ノード障害17が発生した場合は、自ループにおいて障害が発生していると判断したノード100は、以降の通信動作を停止してネットワークシステムから離脱する。本実施の形態で示すネットワークでは、断線およびノード故障といった障害が発生したループ中のノードは正常に通信が行えなくなるが、障害が発生していないループ中のノードは正常に通信が行える。よってノード障害17のように障害が発生した箇所がマスタノードが含まれるループであった場合には、正常に通信を行えるループ中のノードから代替マスタノードを選出する。障害が発生した箇所がマスタノードが含まれるループか否かは、記憶手段に記憶してあるマスタノードのノードID(0.1)から判断する。この場合は故障発生箇所がループ0であり、マスタノードのループアドレスが0であるのでマスタノードが含まれるループの障害と判断できる。

【0072】以下では、代替マスタノードの選出について説明する。障害が発生していないループ中のスレーブノード110, 111, 112, 120, 121は、マスタノードが含まれるループの障害を検出すると、自分のノードIDに依存した待ち時間だけ待つ。前記待ち時間が終了したノードは代替マスタノードとして動作し、特定の信号パターンの送出を開始する。他のノードは、前記特定の信号パターンの受信によりマスタノードの復帰を知り、スレーブノードとして動作する。なお、代替マスタノードとして動作しようとするノードは、特定の信号パターンを送出する代りに、自ノードが代替マスタノードとして動作することを宣言するパケットを送出しても良い。その場合には他のノードは、前記宣言するパケットの受信によりマスタノードの復帰を検出してスレーブノードとして動作すれば良い。

【0073】なお、前記“自分のノードIDに依存した待ち時間”を本実施の形態では一定の時間“T”とノードIDとの積(自分のノードID×T)としておく。ここで“T”は一定時間である。ノードIDは(1.0)であれば10、(2.1)であれば21、のように扱う。あるノードID(例えば整数K)を持つ代替マスタノードが送出した特定の信号パターンが正常ループ中の全ノードに伝送された後に、前記ノードIDより大きいノードID(例えばKより大きい整数)を持つノードの待ち時間が終了するように、一定時間“T”を選ぶ必要がある。

【0074】図7および図8を参照しながらそのような時間“T”が満たすべき条件を説明する。以下ではノードのIDは負でない整数であるとし、ノードが特定の信号パターンを受信しなくなってから未検出信号を出力す

るまでの一定時間をTwとする。図7において71はマスタノードであり、72はノードIDがKのノードであり、73はノードIDがJのノードであり、74はマスタノード71からノード72への経路であり、75はマスタノード71からノード73への経路であり、76はノード73からノード72への経路である。また、経路74の伝送遅延時間はTmkであり、経路75の伝送遅延時間はTmjであり、経路76の伝送遅延時間はTjkであるとする。

【0075】また図8において81はマスタノードが含まれるループに障害発生後、最初特定の信号パターン送出予定時刻であり、82はマスタノード71からノード72への伝送遅延時間(Tmk)であり、83はノード72の待ち時間(T×K)であり、84はマスタノード71からノード73への伝送遅延時間(Tmj)であり、85はノード73の待ち時間(T×J)であり、86はノード73からノード72への伝送遅延時間(Tjk)であり、87はノード72が代替マスタノードとして特定の信号パターンの送出を開始する予定の時刻であり、88はノード73が代替マスタノードとなり送出した特定の信号パターンがノード72に到着する時刻である。また、89は検出フェーズ、障害発生通知フェーズ、調査フェーズ1、調査フェーズ2、調査フェーズ3、および特定フェーズの処理に要する時間(Tn)である。

【0076】ある時刻にマスタノードが含まれるループに障害が発生した場合を考える。マスタノードが含まれるループに障害発生後、最初特定の信号パターン送出予定時刻を時刻0とする(図8の81に相当する。ネットワークが正常に動作していればマスタノードが送出した特定の信号パターンは一定時間間隔で全ノードにより受信される)。マスタノード71から一定時間間隔で送信されてくるはずの特定の信号パターンの喪失により、時刻“Tmk+Tw”にノード72はネットワークの障害を検出し、障害箇所の特定が完了する時刻“Tmk+Tn”にはマスタノード71の故障を検出する。同様にして時刻“Tmj+Tw”にノード73はネットワークの障害を検出し、障害箇所の特定が完了する時刻“Tmj+Tn”にはマスタノード71の故障を検出する。ノード72の待ち時間はT×K(図8の83に相当)であり、ノード73の待ち時間はT×J(図8の85に相当)である。JがKより小さい(ノードID=Jを持つノード73の方が優先度が高い)場合を考えると、ノード73がT×Jの待ち時間(図8の85に相当)の後に送出した特定の信号パターンが、ノード72の待ち時間が終了するまでにノード72に到着し、マスタノードの復帰を検出できれば良い。図8において、ノード72の待ち時間が終了するのは87であり、ノード73が送出した特定の信号パターンがノード72に到着するのは88である。



【0077】よって

$$T_{mj} + T_n + T * J + T_{jk} < T_{mk} + T_n + T * K \cdots \cdots \text{(数4)}$$

を満たす“T”を選べばよいと分かる。(数4)を整理すると

$$T > (T_{mj} + T_{jk} - T_{mk}) / (K - J) \cdots \cdots \text{(数5)}$$

【0078】が導かれるが(数5)において右辺が最大となるのは $K = J + 1$ の場合である。よって

$$T > T_{mj} + T_{jk} - T_{mk} \cdots \cdots \text{(数6)}$$

【0079】が導かれる。(数6)の右辺が最大となるのは $T_{mj}$ と $T_{jk}$ が最も大きく、 $T_{mk}$ が最も小さい

$$2 * T_1 > T_1 + T_2 - T_m > T_{mj} + T_{jk} - T_{mk} \cdots \cdots \text{(数7)}$$

【0080】が成り立つので、(数6)を満たす“T”の簡単な例として“ノード間の伝送遅延時間の最大値の2倍”が挙げられる。

【0081】以上のように“T”として“ノード間の伝送遅延時間の最大値の2倍”を採用すれば、ノードID=Kを持つ代替マスタノードが送出した特定の信号パターンがネットワーク中の全ノードに伝送された後に、ノードIDがKより大きいノードの待ち時間が終了するため、ノードIDがKより大きいノードは特定の信号パターン送出を開始できなくなる。よってノードID=Kを持つノードは、代替マスタノードとして動作を開始する前に、ノードID=Kを持つノードより優先度の高い他の代替マスタノード候補のノードがネットワーク中に存在しないことを知ることができる。

【0082】図3のネットワークにおいて、障害が発生していないループに属するスレーブノード中で待ち時間が最も短いノード、つまり最少のノードIDを持つノードはスレーブノード110である。よって最初に特定の信号パターン送出を開始するのはスレーブノード110であり、“ $T * 10$ ”の待ち時間後に代替マスタノードとして特定の信号パターン送出を開始する。

【0083】次に待ち時間が短いスレーブノードは111であるが、スレーブノード111は、待ち時間が終了して特定の信号パターンの送出を開始する前にスレーブノード110が送出した特定の信号パターンを受信するので、通常のスレーブノードとしての動作に復帰する。他のスレーブノード112、120、121についても同様に、通常のスレーブノードとしての動作に復帰する。ノード110は記憶手段1104に自ノードがマスタノードであると設定し、それ以降マスタノードとして動作する。

【0084】以上のようにして、図3に示すようにノード障害17が発生した場合に、障害が発生したループ中のノードのネットワークからの離脱、および代替マスタノードの選出がなされ、正常なループ中のノード110、111、112、120、121のみでネットワークが再構築されて障害の回復が行われる。

【0085】なお、本実施の形態の説明においては代替マスタノード選出の際のノードIDに依存した待ち時間を「自分のノードID \* T」としたが、待ち時間の例は

場合である。よって一般的には、ノード間の伝送遅延時間のうち最も大きいものを $T_1$ 、2番目に大きい伝送遅延時間( $T_1$ と等しい場合もありえる)を $T_2$ 、最少のものを $T_m$ とれば、“ $T_1 + T_2 - T_m$ ”より大きい値を“T”として採用すれば十分である。また、この時

この限りではない。ノードIDにより優先度が決定されて優先度の高いノードから順に代替マスタノードの候補となり、ある優先度を持つノードが代替マスタノードとして動作を開始したことが全ノードに伝達される前に、前記優先度より低い優先度のノードが代替マスタノードとして動作を開始することがないのであればどのような“T”を採用しても良い。例えば「一定時間 + 自分のノードID \* 自分のノードID \* T」等としてもよい。

【0086】また、本実施の形態の説明においては代替マスタノード選出の際の優先度を決定する要素としてノードIDを用いたが、ノードIDに限らずあらかじめ決められたマスタノードになりうる優先度の値をノードIDの代りに用いても同様にして代替マスタノードを選出することが可能である。

【0087】また、障害の回復を早くするために、“第一の優先度”つまりネットワークシステムの全ノード中で最も高い優先度を持つノードの待ち時間を“0”とすることで、第一の優先度を持つノードが代替マスタノードの選出の必要性があることを認識するとすぐに代替マスタノードとして動作するようにしても良い。またこの時、第一の優先度を持つノードがすぐにマスタノードとして動作し、通常データ通信を再開できるようにするために、第一の優先度を持つノードがあらかじめマスタノードの持つ通信管理情報を保持しても良い。ここでいう通信管理情報は例えばノード間で設定されているチャネル情報(送信ノードID、受信ノードID)、帯域情報、等があげられる。

【0088】なお、ネットワークによってはある特定の条件を満たすノードしか代替マスタノードになりえない場合がある。そのようなネットワークにおいては前記特定の条件を満たすノードのみが代替マスタノードの候補になるようにすれば良い。

【0089】また、本実施の形態の説明においては、全スレーブノードが代替マスタノードの候補として動作しうる機能を備えている場合を例にとり説明したが、この限りでなくとも良い。例えば、ノード100、110、120のみが代替マスタノードの候補として動作しうる機能を備えており、他のスレーブノード111、112、121は代替マスタノードの候補として動作しうる機能を備えていない場合等も同様にして代替マスタノード

ドを選出することが可能である。

【0090】上記のように一部のスレーブノードのみに代替マスタノードの候補として動作させるためには、例えば次のようにすれば良い。あらかじめ、代替マスタノードの候補として動作する機能があるスレーブノードはノードIDのうち“ノードアドレス”の部分で“0”にしておく。マスタノードの故障を検出したスレーブノードは、自分のノードアドレスが“0”であるならば代替マスタノードの候補として動作し、ノードアドレスが“0”でなければ代替マスタノードの候補にはならないようにする。こうしておけば図1の場合であれば、スレーブノード100、110、120のみが代替マスタノードの候補として動作するようになる。あるいは次のようにしても良い。代替マスタノードの候補として動作しても良いか否かを設定するフラグを設けておき、代替マスタノードの候補として動作して良いスレーブノードのみあらかじめ前記フラグを“1”に設定しておく。マスタノードの故障を検出したスレーブノードは前記フラグが“1”なら代替マスタノードの候補として動作し、“0”なら代替マスタノードの候補として動作しない。

【0091】また、上記のように一部のスレーブノードのみが代替マスタノードの候補となる場合、前記ノード間の伝送遅延時間は、マスタノードもしくは前記代替マスタノードの候補となるスレーブノード間だけを考慮して代替マスタノード選出の際の待ち時間における“T”を決定して良い。

【0092】また、ノードIDの代りにノードIDの一部のビット列を用いても良い。例えば、図9に示すように、全6ビットで構成されるノードID(91)のうち、上位3ビット(92)がループに固有の“ループアドレス”で構成され、下位3ビット(93)が同じループ中の異なるノードを識別するための“ノードアドレス”で構成される場合を考える。このようにループアドレスがノードID中に含まれている場合は、代替マスタノードになりうるノードをループ中で1つに限定し(例えばループ中でノードの出力が共通伝達経路15に直接接続しているノードのみが代替マスタノードになることができる等)、待ち時間を「自分のノードのループアドレス×T」としても良い。なお、マスタノードのノードIDをスレーブノードが知る必要のあるネットワークにおいては、代替マスタノードは最大の待ち時間の経過後に、新しいマスタノードのノードIDを知らせるために、自分のノードIDを全ノードに通知しても良い。

【0093】また、本実施の形態の説明においては、障害箇所の特定方法および代替マスタノードの選出方法を図1に示した構成を持つネットワークを例にとり説明したが、ネットワークの構成はこれに限られるものではなく、ネットワーク中のループの数、ノードの数、マスタノードの位置等は任意に構成できることは言うまでもない。例えば、単一のノードから構成されるループがあっ

ても良い。また、本実施の形態で説明した代替マスタノードの選出方法に関しては、ループとバスの混在型トポロジを持つネットワークだけに限られるものでもなく、バス型、ループ型、スター型、ツリー型等さまざまなトポロジのネットワークに適用することが可能である。

【0094】また、上記実施の形態において、特定の信号パターンの受信時刻の間隔を“Ti”とするとTiは一定でなくても良い。例えばTiがある最大値Tmax以内の変値をとる場合には、Tmaxより長い時間、特定の信号パターンを受信しなければ障害が発生していると判断すれば良い。また、Tiは可変値であっても次の特定の信号パターンの受信予定時刻がわかっている場合には、受信予定時刻に特定の信号パターンを受信しなければ障害が発生していると判断すれば良い。

【0095】また、特定の信号パターンは、通常伝送されるデータや各種信号と区別できるものであれば何でも良い。例えば、マスタノードと同期したクロック再生を実現するための同期用信号であっても良く、ネットワーク上で他の伝送されるデータと区別できる特殊な信号パターンであっても良く、あらかじめ決めておいた特定のフォーマットのバケットであっても良い。例えば特定の信号パターンがマスタノードと同期したクロック再生を実現するための同期用信号であった場合は、検出手段をPLL(Phase Locked Loop)回路とし、未検出信号をPLLのロック外れ信号として実現しても良い。あるいは、データ送信を許可されるノードのノードIDである送信ノードIDと送信されたデータを受信すべきノードのノードIDである受信ノードIDを含む“通信制御バケット”をマスタノードが一定時間間隔もしくは一定時間以内の可変の間隔で送出し、前記“通信制御バケット”によってノードが送信権および受信権を得るネットワークでは、前記特定の信号パターンは、“通信制御バケット”であっても良い。もしくは、マスタノードが固定長のフレームを一定周期(44.1KHz等)で巡回させて伝送を行う形式のネットワークにおいては、前記特定の信号パターンは前記固定長のフレームであっても良い。

【0096】また、最下流ノードがIDパケットを送信する方法は、各最下流ノードが送信したIDパケットが衝突して受信不能にならないのであれば、時分割で送信する方法に限らない。例えば各最下流ノードが異なる周波数で送信することにより衝突を回避しても良い。

【0097】なお、以上に説明した方法では、最下流ノードのノード障害および最下流ノードの直下の断線障害は検出できない。よって、最下流ノードのノード障害および最下流ノードの直下の断線障害を検出するためには、通常の通信状態においてマスタノード101が定期的に各最下流ノードに対して問合せを行い、前記問合せに対して各最下流ノードが応答を返すようにすれば良い。各最下流ノードへの問合せは、対象となる最下流ノ

ードを指定した問合せパケットをマスタノードが送出すればよい。各最下流ノードは自ノード宛の問合せパケットを受信すれば応答を応答パケットで送出すればよい。マスタノードはある最下流ノードからの応答パケットを受信しない場合には、前記最下流ノードのノード障害もしくは前記最下流ノードの直下の断線障害が発生したと判断する。さらに障害ループを離脱するならば、マスタノードは、ネットワークから離脱することを指示する離脱通知パケットを送出する。離脱通知パケット中は離脱すべき対象のループのループアドレスを含む。前記離脱通知パケットを受信したノードは、自ループアドレスと前記離脱通知パケット中のループアドレスが一致すれば、ネットワークシステムから離脱する。

【0098】なお、通知信号は、他のノードが障害の発生を検出できる信号であれば何でも良く、特定の信号パターンの受信を妨害する信号には限らない。例えば、通知信号は通常伝送に用いる信号と周波数の異なった信号にしておき、全ノードはこのような通知信号を送信する手段を備える構成とし、検出手段がこのような通知信号の受信を検出したときに未検出信号と同様の信号を出力するような構成としても良い。

【0099】また、特定信号は、「調査フェーズ1」において特定信号の未受信によりノードが自ノードの直上において障害が発生しているか否かを判断できる信号であれば何でも良く、一定時間連続したHighレベルの信号には限らない。例えば連続したHighレベルと連続したLowレベルが一定時間毎に繰返されるような信号であっても良い。

【0100】なお、ここまで説明した障害箇所特定方法では、障害が発生すると全ノードが障害の発生を検出して障害箇所検出の処理を行う。よって障害箇所検出処理を行って、障害箇所を検出し回復するまでは通常通信が行われない。例えば通常通信において映像・音声等の等時性を要求されるデータの通信が行われていた場合、障害の発生により通信が中断され、音声や映像データが欠落し、音飛びや映像の欠落といった事が発生する。よって、障害が発生した場合でも通常の通信が妨げられないようにするために、以下で説明するように“無信号時間”を設けても良い。図10に示すように通常通信において伝送路上に信号が伝送されない“無信号時間”を設ける。図10において、10aは特定の信号パターンが通信される時間、10bは通常のデータ通信が行われる時間、10cは無信号時間である。図10に示すように無信号時間は一定周期毎に訪れるので、各ノードは信号を受信しなくなっても無信号時間の始まるタイミングと終わるタイミングを認識できる。特定の信号パターンの未受信により障害発生を検出すれば、ノードは前記無信号時間を利用して、通知信号、特定信号、IDパケット等の各種信号やパケットを送受信して障害箇所の特定および障害回復を行う。なお、無信号時間の訪れるタイミ

ングが各ノードで既知であるならば、無信号時間は一定周期毎に訪れるものに限らなくてもよい。

【0101】なお、正常動作時のネットワークの構成状態を記憶しておいて、障害発生箇所を特定する際に前記正常動作時のネットワークの構成状態を利用しても良い。例えば、ループ内のノード接続順がランダムであり、従ってループ内において各ノードのノードIDがどのような順番で並んでいるかが不明である場合には、障害の発生箇所の直下のノードのノードIDを特定するだけでは不十分な場合がある。そのような時は、正常動作時のネットワークの構成状態（接続されているノードのノードIDの順番）を記憶しておき、障害の発生箇所の直下のノードのノードIDから、障害発生箇所がループ中において上流から何番めと何番めに位置するノードの間であるかを特定できる。

【0102】また、これまで述べてきたノードの構成に加えて、図11に示すように各ノード11aが通常データ送受信制御手段11jと、スイッチ11hおよびスイッチ11iを備えても良い。ここで、通常データ送受信制御手段11jは通常時のデータ送受信を制御する。スイッチ11hはA側に接続すると通常データ送受信制御手段11jと受信手段11gを接続し、B側に接続すると制御手段11dと受信手段11gを接続する。スイッチ11iはA側に接続すると通常データ送受信制御手段11jと送信手段11fを接続し、B側に接続すると制御手段11dと送信手段11fを接続する。通常時にはスイッチ11hおよびスイッチ11iが通常データ送受信制御手段11jと接続（A側に接続）し、通常のデータ通信が行われる。障害発生時にはスイッチ11hおよびスイッチ11iが制御手段11dと接続（B側に接続）し、障害箇所検出用の信号の送受信が行われる。スイッチの制御は制御手段11dが行う。制御手段は障害の発生を検出するとスイッチをA側からB側に切換え、通常のデータ送受信を開始する前にスイッチをB側からA側に切換える。このようにノードを構成しても本実施の形態で説明した障害箇所の特定動作および代替マスタノードの選出動作が可能であることはいうまでもない。

【0103】また、故障したノードは、自ノードの故障を認識すると受信した信号を加工せずに通過させる“バイパスモード”で動作しても良い。ノードがバイパスモードを持ち、なんらかのノードの故障によりそのノードが自ノードのデータを送信したり他ノードからのデータを受信することができなくなった場合でもバイパスモードで動作すれば、故障ノードと同じループに属する他の正常なノードはネットワークシステムから離脱しなくてよくなる。このようにノードがバイパスモードを持つ場合でも本実施の形態で説明した障害箇所の特定動作および代替マスタノードの選出動作は同様にして実施可能である。

【0104】なお、本実施の形態で説明した代替マスタ

ノード選出方法は、代替マスタノードの選出だけを実施することも可能である。例えば全ノードが共通伝達経路に直接接続されている、いわゆるバス型ネットワーク（図1に示すネットワークにおいて各ループに属するノードの数がそれぞれ1台である場合等もバス型ネットワークになる）であれば、特定の信号パターンの未受信でマスタノードの障害と判断し、本実施の形態で説明した代替マスタノードの選出動作を各ノードが行っても良い。また単一ループ型のネットワークにおいても、マスタノード故障時にはマスタノードが上記のように“バイパスモード”で動作すれば、本実施の形態で説明した代替マスタノード選出方法により代替マスタノードを選出してネットワークシステム全体の動作停止を回避して動作を続けることが可能である。

#### 【0105】

【発明の効果】以上のように本発明（請求項1）によれば、複数のノードが伝送路により接続され、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムであって、前記各ノードが、前記伝送路を伝送される信号の有無を検出する信号監視手段と、前記特定の信号パターンの受信を検出する検出手段とを備え、前記検出手段によりネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記各ノードが、ノード間で特定信号を送受信して前記特定信号の受信の有無を信号監視手段で検出することにより自ノードに隣接する障害箇所の有無を判断し、判断した障害箇所を示すための信号をノード間で送受信することにより、ネットワークシステムの障害箇所を特定する構成としたから、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接接続されて構成されるネットワークシステムにおいても、障害の発生を検出し、障害の発生箇所を特定できるネットワークシステムを実現できる効果がある。

【0106】また、本発明（請求項2）によれば、伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、および、単一のノードまたは伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが、一つ以上の入力部と一つ以上の出力部を有し一つの入力部より入力する信号が分岐され全ての出力部より出力される共通伝達経路に直接接続され、前記複数のループのいずれかに含まれた1つのノードがマスタノードとなり、前記マスタノードとなるノード以外のノードがスレーブノードとなり、さらに前記各ループにおいて最下流のノードが前記各ループの最下流ノードとなり、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムであって、前記各ノードが、前記伝送路を伝送される信号の有無を検出し監視信号を出力する信号監視手段と、前記特

定の信号パターンの受信を検出し該特定の信号パターン所定時間以上受信しなかったときに未検出信号を出力する検出手段とを備え、前記検出手段より出力する未検出信号によりネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記ノードが、通知信号により障害の発生を隣接するノードに通知し、前記通知信号によりネットワークシステム中の各ノードが障害の発生を検出し、前記各ループのそれぞれにおいて、障害発生を検出した前記ノードが特定信号を隣接ノードへ送信し、前記信号監視手段が出力する前記監視信号により前記特定信号の未受信を検出したノードが、自ノードの上流において障害が発生していると判断して自ループの障害箇所をノードを特定する情報を含むIDパケットで前記最下流ノードに送信し、複数の前記各最下流ノードが、前記IDパケットおよび前記監視信号により自ループの障害箇所を判断し、判断した前記自ループの障害箇所をデータの衝突がないようにIDパケットで送信し、障害発生を検出した前記ノード、および前記通知信号により障害の発生を検出したネットワークシステム中の各ノードが、前記監視信号と前記IDパケットに基づきネットワークシステムの障害箇所を特定する構成としたから、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接接続されて構成されるネットワークシステムにおいても、障害の発生を検出し、障害の発生箇所を特定できるネットワークシステムを実現できる効果がある。

【0107】また、本発明（請求項3）によれば、請求項2記載のネットワークシステムにおいて、正常動作時に、マスタノードが各最下流ノード宛に問合せパケットを送出し、前記各最下流ノードが自ノード宛の前記問合せパケットを受信すると応答パケットを送出し、マスタノードが前記応答パケットの受信の有無により障害の発生を検出する構成としたから、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接接続されて構成されるネットワークシステムにおいて、最下流ノードのノード障害、最下流ノードの直下の断線障害の発生を検出できる効果がある。

【0108】また、本発明（請求項9）によれば、請求項1または2記載のネットワークシステムにおいて、ネットワーク中には1つのマスタノードと1つ以上のスレーブノードが存在し、前記マスタノードおよび前記スレーブノードにはノードを特定するための固有のノードIDが割当てられており、前記スレーブノード中に代替マスタノードとなることのできる候補ノードが少なくとも1つ存在し、正常に通信可能である前記候補ノードが、特定したネットワークシステムの障害箇所に基づき代替マスタノードの選出が必要であると判断すれば、前記固

有のノードIDにより決定される待ち時間だけ待ってから前記代替マスタノードとして動作を開始し、正常に通信可能である前記候補ノードが、前記待ち時間だけ待つ間に前記マスタノードの復帰を検出すれば、前記スレーブノードとしての動作に復帰することにより、1つ以上の前記候補ノード群から1つの前記代替マスタノードを選出し、前記固有のノードIDにより優先度が決定され、ある前記優先度Kを持つ前記候補ノードが前記代替マスタノードとして動作を開始したことが全ノードに伝達されるのに必要な時間が経過した後に、前記優先度Kより低い優先度を持つ前記候補ノードの前記待ち時間が終了する構成としたから、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接接続されて構成されるネットワークシステムにおいても、障害の発生を検出し、障害の発生箇所を特定し、マスタノード故障の場合には代替マスタノードをスレーブノード中から自動的に選出することによりマスタノードの故障によるネットワークシステム全体の動作停止を回避することのできるネットワークシステムを実現できる効果がある。

【0109】また、本発明（請求項17）によれば、複数のノードが伝送路により接続され、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムにおいてネットワークシステムの障害箇所を特定する障害箇所特定方法であって、前記ノードが、前記特定の信号パターンを一定時間以上受信しないことからネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記各ノードが、ノード間で特定信号を送受信して前記特定信号の未受信により自ノードに隣接する障害箇所の有無を判断し、前記判断した障害箇所を示す信号をノード間で送受信することにより、前記各ノードがネットワークシステムの障害箇所を特定するようにしたから、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接接続されて構成されるネットワークシステムにおいても、障害の発生を検出し、障害の発生箇所を特定できる効果がある。

【0110】また、本発明（請求項18）によれば、伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、および、単一のノードまたは伝送路によりループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが、一つ以上の入力部と一つ以上の出力部を有し一つの入力部より入力する信号が分岐され全ての出力部より出力される共通伝達経路に直接接続され、前記複数のループのいずれかに含まれた1つのノードがマスタノードとなり、前記マスタノードとなるノード以外のノードがスレーブノードとなり、さらに前記各ループにおいて最下流のノードが前記各ループの最下流

ノードとなり、前記伝送路に一定時間以内ごとに特定の信号パターンが伝送されるネットワークシステムにおいてネットワークシステムの障害箇所を特定する障害箇所特定方法であって、前記ノードが、前記特定の信号パターンを一定時間以上受信しないことからネットワークシステムの障害発生を検出し、障害発生を検出した前記ノードが、通知信号により障害の発生を隣接するノードに通知し、前記通知信号によりネットワークシステム中の各ノードが障害の発生を検出し、前記各ループのそれぞれにおいて、障害発生を検出した前記ノードが、特定信号を隣接ノードへ送信し、前記特定信号の未受信により自ノードの上流において障害が発生していると判断して自ループの障害箇所をIDパケットで前記最下流ノードに送信し、複数の前記各最下流ノードが、前記IDパケットおよび前記監視信号により自ループの障害箇所を判断し、判断した前記自ループの障害箇所をデータの衝突がないようにIDパケットで送信し、障害発生を検出した前記ノード、および前記通知信号により障害の発生を検出したネットワークシステム中の各ノードが、前記監視信号と前記IDパケットに基づきネットワークシステムの障害箇所を特定するようにしたから、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接接続されて構成されるネットワークシステムにおいて、障害の発生を検出し、障害の発生箇所を特定できる効果がある。

【0111】また、本発明（請求項19）によれば、固有のノードIDが割当てられている1つのマスタノードと固有のノードIDが割当てられている1つまたは複数のスレーブノードがネットワーク中に存在し、前記スレーブノード中に代替マスタノードとなることのできる候補ノードが少なくとも1つ存在する、マスタ・スレーブ方式のネットワークシステムにおいて、正常に通信可能である前記候補ノードが、マスタノードの故障を検出したとき、前記固有のノードIDにより決定される待ち時間だけ待ってから前記代替マスタノードとして動作を開始し、正常に通信可能である前記候補ノードが、前記待ち時間だけ待つ間に前記マスタノードの復帰を検出すれば、前記スレーブノードとしての動作に復帰することにより、1つ以上の前記候補ノード群から1つの前記代替マスタノードを選出し、前記固有のノードIDにより優先度が決定され、ある前記優先度Kを持つ前記候補ノードが前記代替マスタノードとして動作を開始したことが全ノードに伝達されるのに必要な時間が経過した後に、前記優先度Kより低い優先度を持つ前記候補ノードの前記待ち時間が終了する構成としたから、ループ接続された複数のノードで構成される少なくとも1つのループ、及び、単一のノードまたはループ接続された複数のノードで構成される1つ以上のループが共通伝達経路に直接

接続されて構成されるネットワークシステムにおいて、マスタノード故障時に代替マスタノードを自動的に選出できるネットワークシステムを実現できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1におけるネットワークシステムの構成を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態1におけるネットワークシステムにおいて、断線障害16が発生した様子を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態1におけるネットワークシステムにおいて、ノード障害17が発生した様子を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態1における故障検出方法を説明する図である。

【図5】IDパケットの構成を示す図である。

【図6】Wait時間の説明をする図である。

【図7】本発明の実施の形態1における一定時間“T”の満たすべき条件を説明する図である。

【図8】本発明の実施の形態1における一定時間“T”の満たすべき条件を説明する図である。

【図9】本発明の実施の形態1におけるノードIDの構成を示す図である。

【図10】無信号時間を説明する図である。

【図11】スイッチを備えたノードの構成を示す図である。

【図12】従来例を説明する図である。

【図13】従来例の問題点を説明する図である。

【符号の説明】

100 スレーブノード

101 マスタノード

110 スレーブノード

111 スレーブノード

112 スレーブノード

120 スレーブノード

121 スレーブノード

13 伝送路

15 共通伝達経路

1001 ノード100の検出手段

1002 ノード100の信号監視手段

1003 ノード100の制御手段

1004 ノード100の記憶手段

1005 ノード100の送信手段

1006 ノード100の受信手段

1011 ノード101の検出手段

1012 ノード101の信号監視手段

1013 ノード101の制御手段

1014 ノード101の記憶手段

1015 ノード101の送信手段

1016 ノード101の受信手段

1101 ノード110の検出手段

1102 ノード110の信号監視手段

1103 ノード110の制御手段

1104 ノード110の記憶手段

1105 ノード110の送信手段

1106 ノード110の受信手段

1111 ノード111の検出手段

1112 ノード111の信号監視手段

1113 ノード111の制御手段

1114 ノード111の記憶手段

1115 ノード111の送信手段

1116 ノード111の受信手段

1121 ノード112の検出手段

1122 ノード112の信号監視手段

1123 ノード112の制御手段

1124 ノード112の記憶手段

1125 ノード112の送信手段

1126 ノード112の受信手段

1201 ノード120の検出手段

1202 ノード120の信号監視手段

1203 ノード120の制御手段

1204 ノード120の記憶手段

1205 ノード120の送信手段

1206 ノード120の受信手段

1211 ノード121の検出手段

1212 ノード121の信号監視手段

1213 ノード121の制御手段

1214 ノード121の記憶手段

1215 ノード121の送信手段

1216 ノード121の受信手段

16 ノード112とノード111の間の断線障害

17 ノード101のノード障害

180 断線障害16の発生によりノード100が送出するIDパケット

181 断線障害16の発生によりノード110が送出するIDパケット

182 断線障害16の発生によりノード120が送出するIDパケット

190 ノード障害17の発生によりノード100が送出するIDパケット

191 ノード障害17の発生によりノード110が送出するIDパケット

192 ノード障害17の発生によりノード120が送出するIDパケット

41 マスタノードが送出する特定の信号パターン

42 故障が発生した時刻

43 故障により受信されなかった特定の信号パターン

44 代替マスタノードの選出等による障害回復後、受信する特定の信号パターン

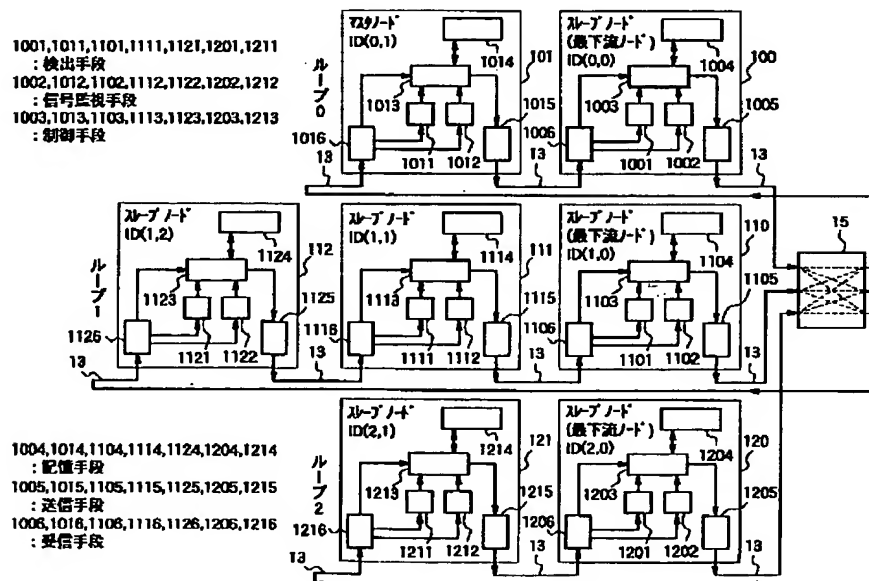
51 IDパケット

61 最下流ノード100の時間軸



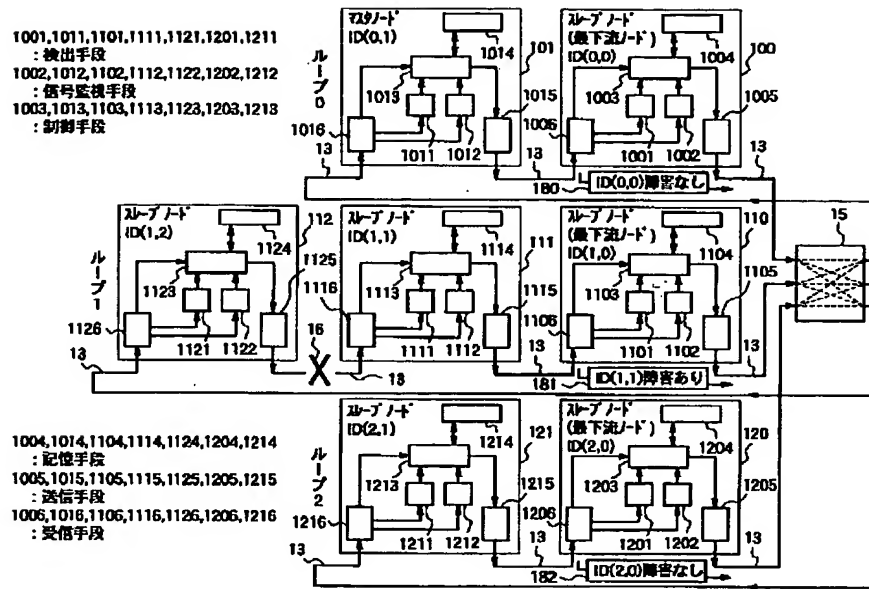
- 62 最下流ノード110の時間軸  
 63 最下流ノード100が自ループの障害状況判断を完了する時刻  
 64 最下流ノード100がIDパケット送出を開始する時刻  
 65 最下流ノード100がIDパケット送出を終了する時刻  
 66 最下流ノード110が自ループの障害状況判断を完了する時刻  
 67 最下流ノード110がIDパケット送出を開始する時刻  
 68 最下流ノード110がIDパケット送出を終了する時刻  
 71 マスタノード  
 72 ノードIDがKのノード  
 73 ノードIDがJのノード  
 74 マスタノード71からノード72への経路  
 75 マスタノード71からノード73への経路  
 76 ノード73からノード72への経路  
 81 マスタノードの故障後、最初の特定の信号パターン送出予定時刻  
 82 マスタノード71からノード72への伝送遅延時間 ( $T_{mk}$ )  
 83 ノード72の待ち時間 ( $T * K$ )  
 84 マスタノード71からノード73への伝送遅延時間 ( $T_{mj}$ )  
 85 ノード73の待ち時間 ( $T * J$ )  
 86 ノード73からノード72への伝送遅延時間 ( $T_{jk}$ )  
 87 ノード72が代替マスタノードとして特定の信号
- パターンの送出を開始する時刻  
 88 ノード73の特定の信号パターンがノード72に到着する時刻  
 89 検出フェーズ、障害発生通知フェーズ、調査フェーズ1、調査フェーズ2、調査フェーズ3、および特定フェーズの処理に要する時間 ( $T_n$ )  
 91 ノードID  
 92 ノードIDの上位3ビットから成るループアドレス  
 93 ノードIDの下位3ビットから成るノードアドレス  
 10a 特定の信号パターンが通信される時間  
 10b 通常のデータ通信が行われる時間  
 10c 無信号時間  
 11a スイッチを備えたノード  
 11b 検出手段  
 11c 信号監視手段  
 11d 制御手段  
 11e 記憶手段  
 11f 送信手段  
 11g 受信手段  
 11h スイッチ  
 11i スイッチ  
 11j 通常データ送受信制御手段  
 12a 主局  
 12b 端末局  
 12c 端末局  
 12d 端末局  
 12e 端末局  
 12f 回線

【図1】

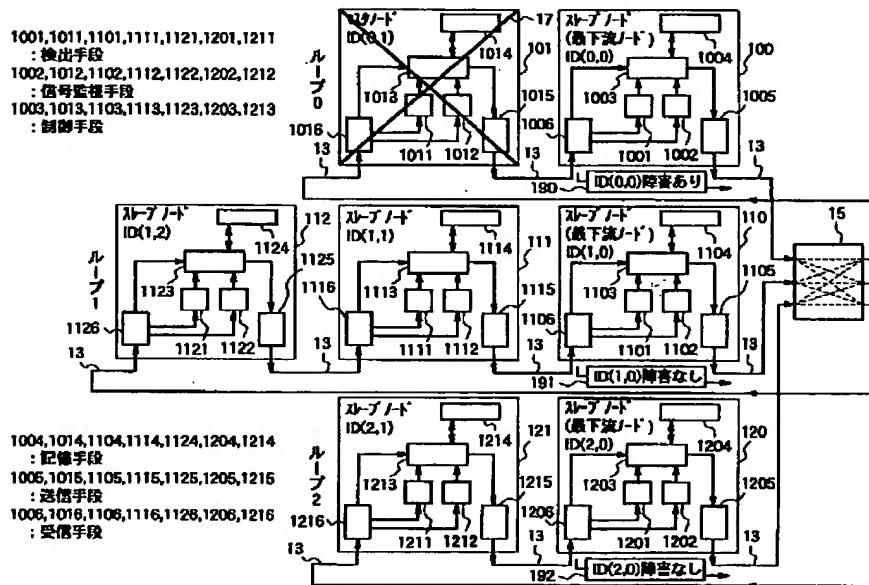




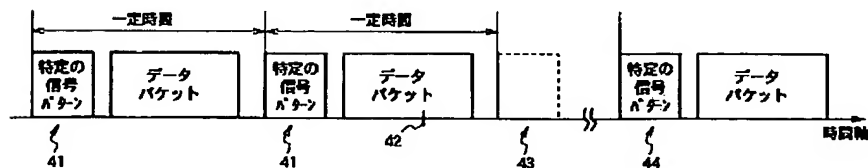
【図2】



【図3】

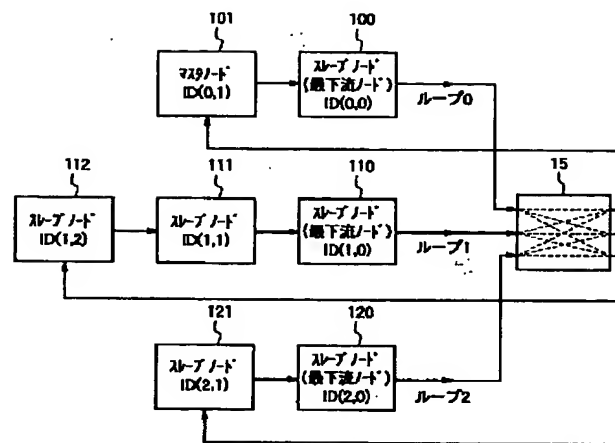


【図4】





【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 水口 裕二

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 堺 貴久

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 服部 敏和

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内